

PCT/JP 2004/009887

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

05.07.2004

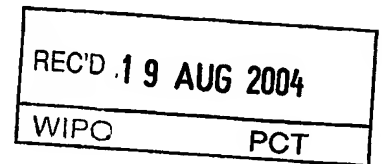
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2 0 0 3 年 7 月 4 日

出 願 番 号  
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 1 9 1 5 9 4  
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 1 9 1 5 9 4]

出 願 人  
Applicant(s): ダイキン工業株式会社

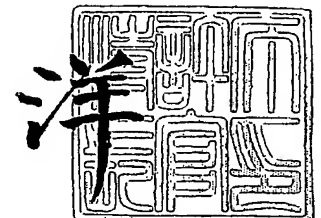


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 8 月 5 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願

【整理番号】 SDB021033

【提出日】 平成15年 7月 4日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H02P 6/00  
H02K 7/00

【発明者】

【住所又は居所】 滋賀県草津市岡本町字大谷 1 0 0 0 番地の 2 株式会社  
ダイキン空調技術研究所内

【氏名】 青田 桂治

【発明者】

【住所又は居所】 滋賀県草津市岡本町字大谷 1 0 0 0 番地の 2 株式会社  
ダイキン空調技術研究所内

【氏名】 西嶋 清隆

【発明者】

【住所又は居所】 滋賀県草津市岡本町字大谷 1 0 0 0 番地の 2 株式会社  
ダイキン空調技術研究所内

【氏名】 山際 昭雄

【特許出願人】

【識別番号】 000002853

【氏名又は名称】 ダイキン工業株式会社

【代表者】 北井 啓之

【代理人】

【識別番号】 100087804

【弁理士】

【氏名又は名称】 津川 友士

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012771

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0014025

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電動機

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 回転子鉄心 (2) (1 2) (3 2) (4 2) の内部に複数個の永久磁石 (3) (1 3) (1 4) (3 3) (4 3) (4 4) を埋設してなるとともに、各永久磁石 (3) (1 3) (1 4) (3 3) (4 3) (4 4) の周方向端部、または、各永久磁石 (3) (1 3) (1 4) (3 3) (4 3) (4 4) の周方向端部に連続または近接した非磁性層 (4) (3 4) が、極間近傍で回転子表面近傍まで延び、かつ、各永久磁石 (3) (1 3) (1 4) (3 3) (4 3) (4 4) の周方向端部、または、各永久磁石 (3) (1 3) (1 4) (3 3) (4 3) (4 4) の周方向端部に連続または近接した非磁性層 (4) (3 4) の極中心寄りに、回転子表面近傍に第 2 の非磁性層 (5) (3 5) を設け、各永久磁石 (3) (1 3) (1 4) (3 3) (4 3) (4 4) の周方向端部、または、各永久磁石 (3) (1 3) (1 4) (3 3) (4 3) (4 4) の周方向端部に連続または近接した非磁性層 (4) (3 4) および第 2 の非磁性層 (5) (3 5) が、誘起電圧の  $n$  次調波 ( $n$  は 3 以上の奇数) を相殺するべく配置されてあることを特徴とする電動機。

【請求項 2】  $n$  次調波は、3 の倍数を除く 3 以上の奇数の次数の調波である請求項 1 に記載の電動機。

【請求項 3】  $n$  次調波は、3 の倍数を除く 13 以上の奇数の次数の調波である請求項 2 に記載の電動機。

【請求項 4】  $n$  次調波は、5 次調波または 7 次調波である請求項 2 に記載の電動機。

【請求項 5】 各永久磁石 (3) (3 3) の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層 (4) (3 4) と、第 2 の非磁性層 (5) (3 5) とを互いに独立させてあり、相互間には、回転子鉄心 (2 a) (3 2 a) を介在させてある、請求項 4 に記載の電動機。

【請求項 6】 各永久磁石 (3) の周方向端部、または、各永久磁石 (3) の周方向端部に連続または近接した非磁性層 (4) の、回転子表面に接近した部分の

、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度  $\theta_1$ 、および、第2の非磁性層(5)の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度  $\theta_2$  が、極対数を  $P_n$  としたとき、

$$0 < \theta_1 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_2 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

または

$$0 < \theta_1 < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_2 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

である、請求項4または請求項5に記載の電動機。

【請求項7】 角度  $\theta_1$  が  $0 < \theta_1 < 180 / (5 \cdot P_n)$  または  $0 < \theta_1 < 180 / (7 \cdot P_n)$  であり、角度  $\theta_2$  が、 $180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_2 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$  の最小値または  $180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_2 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$  の最小値である請求項4または請求項5に記載の電動機。

【請求項8】 各永久磁石(33)の周方向端部、または、各永久磁石(33)の周方向端部に連続または近接した非磁性層(34)の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度  $\theta_5$ 、および、第2の非磁性層(35)の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度  $\theta_6$  は、極対数を  $P_n$  としたとき、

$$0 < \theta_5 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_6 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

であり、

さらに、各永久磁石(33)の周方向端部、または、各永久磁石(33)の周方向端部に連続または近接した非磁性層(34)および第2の非磁性層(35)と回転子表面とに挟まれる回転子鉄心部幅には変極点を有し、それぞれの変極点と、極間とのなす角度  $\theta_7$ 、 $\theta_8$  は、極対数を  $P_n$  としたとき、

$$0 < \theta_7 < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_8 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

であり、しかも角度  $\theta_5$ 、 $\theta_6$ 、 $\theta_7$ 、 $\theta_8$  の関係は、

$$\theta_7 < \theta_5 < \theta_8 < \theta_6$$

である、請求項 4 または請求項 5 に記載の電動機。

【請求項 9】 角度  $\theta_5$  は  $0 < \theta_5 < 180 / (5 \cdot P_n)$ 、および角度  $\theta_7$  は  $0 < \theta_7 < 180 / (7 \cdot P_n)$  であり、角度  $\theta_6$  は  $180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_6 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$  の最小値、および角度  $\theta_8$  は  $180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_8 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$  の最小値である請求項 4 または請求項 5 に記載の電動機。

【請求項 10】 前記各永久磁石 (13) (14) (43) (44) は、半径方向に複数層に分割されてなるものである請求項 1 から請求項 4 の何れかに記載の電動機。

【請求項 11】 前記各永久磁石 (13) (14) は、半径方向に 2 層に分割され、回転子内周側における永久磁石 (13) の周囲方向端部、または、永久磁石 (13) の周囲方向端部に連続または近接した非磁性層の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度  $\theta_3$ 、および、回転子外周側における永久磁石 (14) の周囲方向端部、または、永久磁石 (14) の周囲方向端部に連続または近接した非磁性層の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度  $\theta_4$  が、極対数を  $P_n$  としたとき、

$$0 < \theta_3 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_4 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

または

$$0 < \theta_3 < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_4 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

である、請求項 10 に記載の電動機。

【請求項 12】 角度  $\theta_3$  が  $0 < \theta_3 < 180 / (5 \cdot P_n)$  または  $0 < \theta_3 <$

$180 / (7 \cdot P_n)$  であり、角度  $\theta_4$  が、 $180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_4 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$  の最小値または  $180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_4 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$  の最小値である請求項 11 に記載の電動機。

【請求項 13】 前記各永久磁石 (43) (44) は、半径方向に 2 層に分割され、回転子内周側における永久磁石 (43) の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度  $\theta_9$ 、および、回転子外周側における永久磁石 (44) の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度  $\theta_{10}$  は、極対数を  $P_n$  としたとき、

$$0 < \theta_9 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_{10} \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

であり、

さらに、回転子内周側における永久磁石 (43) の周方向端部、または、永久磁石 (43) の周方向端部に連続または近接した非磁性層および回転子外周側における永久磁石 (44) の周方向端部、または、永久磁石 (44) の周方向端部に連続または近接した非磁性層と回転子表面とに挟まれる回転子鉄心部幅には変極点を有し、それぞれの変極点と、極間とのなす角度  $\theta_{11}$ 、 $\theta_{12}$  は、極対数を  $P_n$  としたとき、

$$0 < \theta_{11} < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_{12} \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

であり、しかも角度  $\theta_9$ 、 $\theta_{10}$ 、 $\theta_{11}$ 、 $\theta_{12}$  の関係は、

$$\theta_{11} < \theta_9 < \theta_{12} < \theta_{10}$$

である、請求項 10 に記載の電動機。

【請求項 14】 角度  $\theta_9$  は  $0 < \theta_9 < 180 / (5 \cdot P_n)$ 、角度  $\theta_{11}$  は  $0 < \theta_{11} < 180 / (7 \cdot P_n)$  であり、 $\theta_{10}$  は  $180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_{10} \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$  の最小値、角度  $\theta_{12}$  は  $180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_{12} \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$  の最小値である請求項 13 に記載の電動機。

【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

この発明は、回転子鉄心の内部に複数個の永久磁石を埋設してなる電動機に関し、特に、静音化が要求される用途に好適な電動機に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

従来から、電動機の静音化が検討されているが、主に、コギングトルク等回転子位置による回転方向の吸引力の変化に着目して静音化を達成しようとする技術が多かった。

## 【0003】

例えば、特許文献1、特許文献2、特許文献3は、いずれも、コギングトルクの低減を意図したものである。

## 【0004】

特許文献1は、図1に示すように、回転子鉄心の内部に埋設される2層の永久磁石の周方向対象位置を特定の数式に当てはまる関係とすることにより、コギングトルクを低減し、低振動、低騒音の電動機を実現するものである。

## 【0005】

しかし、特許文献1はコギングトルクに着目しているため、コギングトルクの周期により数式が異なり、特に、集中巻等の場合、図1における $\theta$ の値は大きくなり、回転子外周側に配置された永久磁石を大きくできないという欠点を有していた。

## 【0006】

さらに、極毎に磁極の開き角度が異なるため、回転力にアンバランスが生じ、また、誘起電圧波形も対称形状ではなくなることにより、他の原因による騒音増加や位置検出の精度への影響等、種々の弊害が予想される。

## 【0007】

特許文献2は、図2に示すように、極毎に、磁極の開き角度を変化させることにより、コギングトルクを低減しようとするものである。

## 【0008】



しかし、磁極の開き角度が異なるため、回転力にアンバランスが生じ、また、誘起電圧波形も対称形状ではなくなることにより、他の原因による騒音増加や位置検出の精度への影響等、種々の弊害が予想される。

#### 【0009】

特許文献3は、図3に示すように、永久磁石埋設用打ち抜き穴の形状は同一で、永久磁石の端面に接するように設けられた長穴部の形状を変化させたものである。これは、擬似的にスキューを施したものであり、コギングトルクの低減の効果を意図したものである。

#### 【0010】

しかし、軸方向に異なる回転子鉄心を積層するということは、金型が複雑化し、また、軸方向に力が発生するため、スラスト振動を誘起する可能性もあった。さらに、磁極の開き角度が極めて狭い極が存在することによる弊害も無視できない。例えば、磁束密度集中による鉄損の増大や、着磁の際十分な磁束が永久磁石の端部にまで行きわたらない等の問題が考えられる。

#### 【0011】

また、これらの技術は、すべてコギングトルクに着目したものであるが、電動機を運転した場合、特に、負荷が大きい場合においては、コギングトルクはある値以下に抑えておけば、影響は少なく、むしろ、誘起電圧の高調波成分の影響が大きくなる。特に、希土類磁石のような磁力の強い永久磁石を用いた場合は、誘起電圧波形の高調波の影響を大きく受けることが分かっている。

#### 【0012】

特許文献4は、上記課題のうち、磁極の開き角度が極めて狭い極が存在する、という課題を解決し得るものである。具体的には、図4に示すように、永久磁石の端面に接するように設けられた長穴部を周方向に分割し、「補助補強リブ」を設けている。特許文献4は、回転子の変形の防止を意図したものである。

#### 【0013】

しかし、「補助補強リブ」にも磁束は流れるのであるから、「補助補強リブ」の位置によっては、却って音を増大させる場合もある。

#### 【0014】

**【特許文献 1】**

特開平 10-201147 号公報

【0015】

**【特許文献 2】**

特開平 11-98731 号公報

【0016】

**【特許文献 3】**

特開 2000-69695 号公報

【0017】

**【特許文献 4】**

特開 2002-44888 号公報

【0018】

**【発明が解決しようとする課題】**

上述のように、十分な永久磁石磁束を確保しつつ、また、アンバランス振動による音やスラスト力による音の弊害を発生せず、コギングトルクを低減することには必ずしも成功しているとはいえない。また、誘起電圧の特定の調波、例えば 5 次調波および 7 次調波に着目した対策とはなっておらず、特に負荷が大きい電動機の場合は、十分に音を低減できる構造ではなかった。

【0019】

**【発明の目的】**

この発明は上記の問題点に鑑みてなされたものであり、十分な磁束を確保しつつ、磁束密度分布波形(誘起電圧波形)の特定の次元、例えば 5 次および 7 次を低減し、かつ、不要なラジアル力やスラスト力を発生させない電動機を提供することを目的としている。

【0020】

**【課題を解決するための手段】**

請求項 1 の電動機は、回転子鉄心の内部に複数個の永久磁石を埋設してなるとともに、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層が、極間近傍で回転子表面近傍まで延び、かつ、各永久磁石

の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層の極中心寄りに、回転子表面近傍に第2の非磁性層を設け、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層および第2の非磁性層が、誘起電圧の $n$ 次調波（ $n$ は3以上の奇数）を相殺するべく配置されたものである。

【0021】

請求項2の電動機は、 $n$ 次調波として、3の倍数を除く3以上の奇数の次数の調波を採用するものである。

【0022】

請求項3の電動機は、 $n$ 次調波として、3の倍数を除く13以上の奇数の次数の調波を採用するものである。

【0023】

請求項4の電動機は、 $n$ 次調波として、5次調波または7次調波を採用するものである。

【0024】

請求項5の電動機は、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層と、第2の非磁性層とを互いに独立させ、相互間には、回転子鉄心を介在させたものである。

【0025】

請求項6の電動機は、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層の、回転子表面に接近した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 $\theta 1$ 、および、第2の非磁性層の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 $\theta 2$ が、極対数を $P_n$ としたとき、

$$0 < \theta 1 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta 2 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

または

$$0 < \theta 1 < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_2 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

であるものである。

#### 【0026】

請求項7の電動機は、角度 $\theta_1$ が $0 < \theta_1 < 180 / (5 \cdot P_n)$  または  $0 < \theta_1 < 180 / (7 \cdot P_n)$  であり、角度 $\theta_2$ が、 $180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_2 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$  の最小値または  $180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_2 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$  の最小値であるものである。

#### 【0027】

請求項8の電動機は、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 $\theta_5$ 、および、第2の非磁性層の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 $\theta_6$ は、極対数を $P_n$ としたとき、

$$0 < \theta_5 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_6 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

であり、

さらに、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層および第2の非磁性層と回転子表面とに挟まれる回転子鉄心部幅には変極点を有し、それぞれの変極点と、極間とのなす角度 $\theta_7$ 、 $\theta_8$ は、極対数を $P_n$ としたとき、

$$0 < \theta_7 < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_8 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

であり、しかも角度 $\theta_5$ 、 $\theta_6$ 、 $\theta_7$ 、 $\theta_8$ の関係は、

$$\theta_7 < \theta_5 < \theta_8 < \theta_6$$

であるものである。

#### 【0028】

請求項 9 の電動機は、角度  $\theta 5$  は  $0 < \theta 5 < 180 / (5 \cdot P_n)$ 、および角度  $\theta 7$  は  $0 < \theta 7 < 180 / (7 \cdot P_n)$  であり、角度  $\theta 6$  は  $180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta 6 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$  の最小値、および角度  $\theta 8$  は  $180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta 8 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$  の最小値であるものである。

**【0029】**

請求項 10 の電動機は、前記各永久磁石として、半径方向に複数層に分割されてなるものを採用するものである。

**【0030】**

請求項 11 の電動機は、前記各永久磁石として、半径方向に 2 層に分割されたものを採用し、回転子内周側における永久磁石の周囲方向端部、または、永久磁石の周囲方向端部に連続または近接した非磁性層の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度  $\theta 3$ 、および、回転子外周側における永久磁石の周囲方向端部、または、永久磁石の周囲方向端部に連続または近接した非磁性層の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度  $\theta 4$  が、極対数を  $P_n$  としたとき、

$$0 < \theta 3 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta 4 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

または

$$0 < \theta 3 < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta 4 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

であるものである。

**【0031】**

請求項 12 の電動機は、角度  $\theta 3$  が  $0 < \theta 3 < 180 / (5 \cdot P_n)$  または  $0 < \theta 3 < 180 / (7 \cdot P_n)$  であり、角度  $\theta 4$  が、 $180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta 4 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$  の最小値または  $180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta 4 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$  の最小値であるものである。

**【0032】**

請求項 13 の電動機は、前記各永久磁石として、半径方向に 2 層に分割されたものを採用し、回転子内周側における永久磁石の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度  $\theta 9$ 、および、回転子外周側における永久磁石の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度  $\theta 10$  は、極対数を  $P_n$  としたとき、

$$0 < \theta 9 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta 10 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

であり、

さらに、回転子内周側における永久磁石の周方向端部、または、永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層および回転子外周側における永久磁石の周方向端部、または、永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層と回転子表面とに挟まれる回転子鉄心部幅には変極点を有し、それぞれの変極点と、極間とのなす角度  $\theta 11$ 、 $\theta 12$  は、極対数を  $P_n$  としたとき、

$$0 < \theta 11 < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta 12 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

であり、しかも角度  $\theta 9$ 、 $\theta 10$ 、 $\theta 11$ 、 $\theta 12$  の関係は、

$$\theta 11 < \theta 9 < \theta 12 < \theta 10$$

であるものである。

#### 【0033】

請求項 14 の電動機は、角度  $\theta 9$  は  $0 < \theta 9 < 180 / (5 \cdot P_n)$ 、角度  $\theta 11$  は  $0 < \theta 11 < 180 / (7 \cdot P_n)$  であり、 $\theta 10$  は  $180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta 10 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$  の最小値、角度  $\theta 12$  は  $180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta 12 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$  の最小値であるものである。

#### 【0034】

なお、この明細書において、「極」は、略等間隔、等角度に配置される N 極または S 極を示す用語として使用され、「磁極」は、極の中で、永久磁石の磁束が主として流出する範囲を示す用語として使用される。

## 【0035】

## 【作用】

請求項1の電動機であれば、回転子鉄心の内部に複数個の永久磁石を埋設するとともに、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層が、極間近傍で回転子表面近傍まで延び、かつ、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層の極中心寄りに、回転子表面近傍に第2の非磁性層を設け、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層および第2の非磁性層が、誘起電圧の $n$ 次調波（ $n$ は3以上の奇数）を相殺するべく配置されたのであるから、十分な磁束を確保しつつ、磁束密度分布波形（誘起電圧波形）の $n$ 次を低減し、かつ、不要なラジアル力やスラスト力の発生を防止することができる。

## 【0036】

請求項2の電動機であれば、 $n$ 次調波として、3の倍数を除く3以上の奇数の次数の調波を採用するのであるから、十分な磁束を確保しつつ、磁束密度分布波形（誘起電圧波形）の3の倍数を除く3以上の奇数の次数の調波を低減し、かつ、不要なラジアル力やスラスト力の発生を防止することができる。

## 【0037】

請求項3の電動機であれば、 $n$ 次調波として、3の倍数を除く13以上の奇数の次数の調波を採用するのであるから、十分な磁束を確保しつつ、磁束密度分布波形（誘起電圧波形）の3の倍数を除く13以上の奇数の次数の調波を低減し、かつ、不要なラジアル力やスラスト力の発生を防止することができる。

## 【0038】

請求項4の電動機であれば、 $n$ 次調波として、5次調波または7次調波を採用するのであるから、十分な磁束を確保しつつ、磁束密度分布波形（誘起電圧波形）の5次または7次を低減し、かつ、不要なラジアル力やスラスト力の発生を防止することができる。

## 【0039】

請求項5の電動機であれば、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の

周方向端部に連続または近接した非磁性層と、第2の非磁性層とを互いに独立させ、相互間には、回転子鉄心を介在させたのであるから、機械的強度を高めることができるほか、請求項4と同様の作用を達成することができる。

#### 【0040】

請求項6の電動機であれば、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層の、回転子表面に接近した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 $\theta 1$ 、および、第2の非磁性層の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 $\theta 2$ が、極対数を $P_n$ としたとき、

$$0 < \theta 1 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta 2 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

または

$$0 < \theta 1 < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta 2 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

であるから、対称性を考慮して、請求項4または請求項5と同様の作用を達成することができる。

#### 【0041】

請求項7の電動機であれば、角度 $\theta 1$ が $0 < \theta 1 < 180 / (5 \cdot P_n)$ または $0 < \theta 1 < 180 / (7 \cdot P_n)$ であり、角度 $\theta 2$ が、 $180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta 2 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$ の最小値または $180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta 2 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$ の最小値であるから、静音化を達成できるほか、請求項4または請求項5と同様の作用を達成することができる。

#### 【0042】

請求項8の電動機であれば、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 $\theta 5$ 、および、第2の非磁性層の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 $\theta 6$ は、極対数



を  $P_n$  としたとき、

$$0 < \theta_5 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_6 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

であり、

さらに、各永久磁石の周方向端部、または、各永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層および第2の非磁性層と回転子表面とに挟まれる回転子鉄心部幅には変極点を有し、それぞれの変極点と、極間とのなす角度  $\theta_7$ 、 $\theta_8$  は、極対数を  $P_n$  としたとき、

$$0 < \theta_7 < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_8 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

であり、しかも角度  $\theta_5$ 、 $\theta_6$ 、 $\theta_7$ 、 $\theta_8$  の関係は、

$$\theta_7 < \theta_5 < \theta_8 < \theta_6$$

であるから、対称性を考慮して、請求項4または請求項5と同様の作用を達成することができる。

#### 【0043】

請求項9の電動機であれば、角度  $\theta_5$  は  $0 < \theta_5 < 180 / (5 \cdot P_n)$ 、および角度  $\theta_7$  は  $0 < \theta_7 < 180 / (7 \cdot P_n)$  であり、角度  $\theta_6$  は  $180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_6 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$  の最小値、および角度  $\theta_8$  は  $180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_8 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$  の最小値であるから、静音化を達成できるほか、請求項4または請求項5と同様の作用を達成することができる。

#### 【0044】

請求項10の電動機であれば、前記各永久磁石として、半径方向に複数層に分割されてなるものを採用するのであるから、永久磁石を回転子内周側と回転子外周側とに複数に分割した場合であっても、請求項1から請求項4の何れかと同様の作用を達成することができる。

#### 【0045】

請求項 11 の電動機であれば、前記各永久磁石として、半径方向に 2 層に分割されたものを採用し、回転子内周側における永久磁石の周囲方向端部、または、永久磁石の周囲方向端部に連続または近接した非磁性層の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度  $\theta 3$ 、および、回転子外周側における永久磁石の周囲方向端部、または、永久磁石の周囲方向端部に連続または近接した非磁性層の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度  $\theta 4$  が、極対数を  $P_n$  としたとき、

$$0 < \theta 3 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta 4 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

または

$$0 < \theta 3 < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta 4 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

であるので、対称性を考慮して、請求項 10 と同様の作用を達成することができる。

#### 【0046】

請求項 12 の電動機であれば、角度  $\theta 3$  が  $0 < \theta 3 < 180 / (5 \cdot P_n)$  または  $0 < \theta 3 < 180 / (7 \cdot P_n)$  であり、角度  $\theta 4$  が、 $180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta 4 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$  の最小値または  $180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta 4 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$  の最小値であるので、静音化を達成できるほか、請求項 10 と同様の作用を達成することができる。

#### 【0047】

請求項 13 の電動機であれば、前記各永久磁石として、半径方向に 2 層に分割されたものを採用し、回転子内周側における永久磁石の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度  $\theta 9$ 、および、回転子外周側における永久磁石の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度  $\theta 10$  は、極対数を  $P_n$  としたとき、

$$0 < \theta 9 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_{10} \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

であり、

さらに、回転子内周側における永久磁石の周方向端部、または、永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層および回転子外周側における永久磁石の周方向端部、または、永久磁石の周方向端部に連続または近接した非磁性層と回転子表面とに挟まれる回転子鉄心部幅には変極点を有し、それぞれの変極点と、極間とのなす角度  $\theta_{11}$ 、 $\theta_{12}$  は、極対数を  $P_n$  としたとき、

$$0 < \theta_{11} < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_{12} \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

であり、しかも角度  $\theta_9$ 、 $\theta_{10}$ 、 $\theta_{11}$ 、 $\theta_{12}$  の関係は、

$$\theta_{11} < \theta_9 < \theta_{12} < \theta_{10}$$

であるので、対称性を考慮して、請求項 10 と同様の作用を達成することができる。

#### 【0048】

請求項 14 の電動機であれば、角度  $\theta_9$  は  $0 < \theta_9 < 180 / (5 \cdot P_n)$ 、角度  $\theta_{11}$  は  $0 < \theta_{11} < 180 / (7 \cdot P_n)$  であり、 $\theta_{10}$  は  $180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_{10} \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$  の最小値、角度  $\theta_{12}$  は  $180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_{12} \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$  の最小値であるので、静音化を達成できるほか、請求項 10 と同様の作用を達成することができる。

#### 【0049】

##### 【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して、この発明の電動機の実施の形態を詳細に説明する。

#### 【0050】

なお、以下の実施形態においては、誘起電圧の 5 次調波および/または 7 次調波を相殺するようにした場合を説明するが、これら以外の調波を相殺できることはもちろんである。

## 【0051】

先ず、電動機の一般例を説明する。

## 【0052】

電動機の回転子表面の周方向の磁束密度分布は、極毎に対称である。また、各極略同一形状であれば、極間においては、磁束密度がゼロとなる。

## 【0053】

そのため、回転子表面の周方向の磁束密度分布は、1極対を基本波とし、その奇数次を含むものとなる。例えば、単純な矩形波をフーリエ展開すると、図5に示すように、3次、5次、7次、9次と、奇数次成分が基本波に重畳されている。ここで3次、9次といった、 $3n$ 次高調波加振力（ $n:1, 2, 3, 4, \dots$ ）は同期し、6極ある固定子では6角形共振モードといった、固定子極数と同数の共振モードをおこす。また、高次の共振モードは一般的に可聴領域を大きく超えており騒音になりにくい。

## 【0054】

また、5次、7次は、11次以上と比べると、振幅が大きく、音になりやすく、また、周波数が低いため、遮断されにくい性質がある。そこで5次調波および7次調波に着目する。

## 【0055】

5次調波および7次調波を対策する際、以下の2点を前提とすればよい。

- 1) 回転子表面の磁束密度波形の対称性から、極間はどの次数も必ずゼロとなる。
- 2) 磁極の始まり等、磁束密度の変化が急激に開始する箇所においては、高次成分がゼロクロスとなり得る。

（第1の実施の形態）

以下、第1の実施の形態について図面を参照して説明する。

## 【0056】

図6はこの発明の電動機の第1の実施の形態の回転子の構成を示す概略図である。

## 【0057】

この回転子 1 は、回転子鉄心 2 の内部に複数個（本実施形態においては 4 極であり、4 個）の永久磁石 3 を埋設してなる。

#### 【0058】

また、各永久磁石 3 の周方向端部に連続した非磁性層 4（以下、「第 1 の非磁性層」という）が極間近傍で回転子表面近傍まで延びている。そして、第 1 の非磁性層 4 の極中心寄り、かつ、回転子表面近傍に、第 2 の非磁性層 5 を設けている。ここで、非磁性層は、貫通した穴であり、空気層である。

#### 【0059】

第 1 の非磁性層 4 および第 2 の非磁性層 5 は互いに独立し、相互間には、回転子鉄心からなる補助補強リブ 2 a が介在している。

#### 【0060】

また、第 1 の非磁性層 4 の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度  $\theta 1$ 、および、第 2 の非磁性層 5 の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度  $\theta 2$  は、極対数を  $P_n$  としたとき、

$$0 < \theta 1 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta 2 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

または

$$0 < \theta 1 < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta 2 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

である。なお、以上の式は 5 次調波の低減または 7 次調波の低減に対応するものであり、 $n$  次調波（ $n$  は 3 以上の奇数）の低減を行う場合には、5、7 に代えて  $n$  を採用すればよい。以下の式についても同様である。

#### 【0061】

この実施形態では、極対数  $P_n = 2$  であり、5 次調波の低減を図るものである場合には、上段の式を用いる。具体的には、 $\theta 1 = 9^\circ$ 、 $\theta 2 = 18^\circ$  とすればよい。

## 【0062】

以下に、上記構成の電動機の音を低減する原理について説明する。

## 【0063】

例えば、5次調波の低減を図るとともに、極対数が2であるので、 $\theta_1 = 0^\circ$ 、 $\theta = 18^\circ$ であれば位相が $180^\circ$ ずれ、互いに相殺する。しかしながら、永久磁石を回転子鉄心内部に埋め込んだ構造では、 $\theta_1 = 0^\circ$ は困難である。従って、対称性より、 $\theta_1 < 18^\circ$ であれば足りる。また、7次調波を低減する場合は、下段の式を用い、 $\theta_1 < 12.9^\circ$ 、 $12.9^\circ \leq \theta_2 \leq 25.7^\circ$ であれば足りる。このとき、トルクを最大にする為には、 $\theta_2$ を可能な限り大きくし、永久磁石に鎖交する磁束を多くすればよい。

## 【0064】

図7に、この実施形態における回転子表面の磁束密度分布と、非磁性層4、5との関係を示す。非磁性層4、5のある部分では磁束密度は増加、または、減少しており、それ以外の部分では、磁束密度はほぼ一定である。従って、それぞれの非磁性層4、5の回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部から、磁束密度の変化が急峻となっている。従って、それぞれの点において、高次成分のゼロクロス点がある。第2の非磁性層5の場合は、極間から、 $5/7$ 次調波の1波長分に相当し、対称性から、ゼロクロス点は、極間にくるものと考えられる。第1の非磁性層4の場合は、極間から $5/7$ 次調波の半波長であり、対称性から、ゼロクロス点は、極間にくるものと考えられる。したがって、互いの非磁性層4、5による $5/7$ 次調波は半波長ずれているため、互いに相殺される。

## 【0065】

図8に、 $\theta_2 = 23^\circ$ の場合における5次調波、7次調波の $\theta_1$ に対する特性を示し、図9に、 $\theta_1 = 6^\circ$ の場合における5次調波、7次調波の $\theta_2$ に対する特性を示している。

## 【0066】

図8、図9から分かるように、角度 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ を上式のように定めることによって、5次調波、7次調波の高い低減効果を達成できる。

## 【0067】

ここで、第1の非磁性層4および第2の非磁性層5と回転子表面とに挟まれる回転子鉄心部（以下「第1のブリッジ2b1」「第2のブリッジ2b2」と称する）の幅は一定であり、磁束の漏れ防止のため、小さくすることが望ましい。

【0068】

また、第1の非磁性層4および第2の非磁性層5の間にも、磁路となる回転子鉄心(補助補強リブ)2aがあり、永久磁石の磁束が補助補強リブ2aを通るようにしなければ、十分な効果は得られない。

【0069】

ここで、永久磁石と非磁性層はかならずしも連続してなくてもよく、僅かな距離をおいて近接していてもよい。

【0070】

なお、本発明における固定子は、図10に示すような分布巻でも、図11に示すような集中巻でも良い。特に集中巻は5次調波、7次調波が特に大きくなるため、この発明を適用することが効果的である。

【0071】

図12、図13は図6の変形例を示す概略図である。

【0072】

図12は、図6の回転子の永久磁石の両側近傍に回転子鉄心2cが存在する変形例であり、表面から出る磁束の高調波を相殺するように、第1、第2の非磁性層6、7を配置していれば、十分に効果がある。

【0073】

図13は、永久磁石層が回転子表面近傍まで存在する変形例であり、第2の非磁性層8が表面から出る磁束の高調波を相殺するように配置されていれば、同様に効果がある。ただし、この場合、永久磁石端部の磁石磁束が回転子法線方向に出ないように、永久磁石を着磁することが必要である。

(第2の実施の形態)

以下、第2の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0074】

図14はこの発明の電動機の第2の実施の形態の回転子の構成を示す概略図で

ある。

#### 【0075】

回転子 11 は、回転子鉄心 12 の内部に永久磁石が埋設されてなり、永久磁石（13：回転子内周側の永久磁石、14：回転子外周側の永久磁石）は各極毎に、半径方向に 2 層に分割されてなる。また、各永久磁石 13、14 の周方向端部 13a、14a が、極間近傍で回転子表面近傍まで延びている。

#### 【0076】

回転子内周側の永久磁石 13 および回転子外周側の永久磁石 14 の周方向端部 13a、14a は互いに独立し、相互間には、回転子鉄心からなるいわゆる q 軸磁束通路 12a が介在する。

#### 【0077】

q 軸磁束通路 12a の存在により、q 軸インダクタンス  $L_q$  が大きくできるので、リラクタンストルクを多く利用でき、また、回転子の大きさを増すことなく永久磁石の磁束を増やすことができる。

#### 【0078】

回転子内周側の永久磁石 13 の周方向端部 13a の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度  $\theta_3$ 、および、転子外周側の永久磁石 14 の周方向端部 14a の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度  $\theta_4$  は、極対数を  $P_n$  としたとき、

$$0 < \theta_3 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_4 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

または

$$0 < \theta_3 < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_4 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

である。

#### 【0079】

この実施形態では、極対数  $P_n = 2$  であり、5 次調波の低減を図ったものである  
ので、上段の式を用いる。具体的には、 $\theta_1 = 9^\circ$ 、 $\theta_2 = 18^\circ$  とすればよい



。もちろん、7次調波の低減を図る場合には、下段の式を用いればよい。

【0080】

上記構成の電動機における音を低減する原理は第1の実施の形態と同様であるので説明を省略する。

【0081】

図15はこの実施形態の変形例を示す概略図である。

【0082】

この変形例は、湾曲した永久磁石に代えて平板状の永久磁石を採用している。

【0083】

したがって、この変形例を採用した場合にも音を低減することができる。

(第3の実施の形態)

以下、第3の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0084】

図16はこの発明の電動機の第3の実施の形態の回転子の構成を示す概略図である。

【0085】

回転子31は、回転子鉄心32の内部に複数個（この実施形態においては4極であり、4個）の永久磁石33を埋設してなる。

【0086】

また、各永久磁石33の周力向端部に連続した非磁性層34（以下、「第1の非磁性層」と称する）が、極間近傍で回転子表面近傍まで延びている。また、第1の非磁性層34の極中心寄り、かつ、回転子表面近傍に第2の非磁性層35を設けている。ここで、非磁性層は、貫通した穴であり、空気層である。

【0087】

そして、第1の非磁性層34の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度を $\theta 5$ とし、第2の非磁性層35の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度を $\theta 6$ とする。

【0088】

第1の非磁性層34および第2の非磁性層35は互いに独立しており、相互間

には、回転子鉄心からなる補助補強リブ 32a が介在している。

### 【0089】

さらに、第1の非磁性層 34 および第2の非磁性層 35 と回転子表面とに挟まれる回転子鉄心部（以下「第1のブリッジ 32b1」「第2のブリッジ 32b2」と称する）の幅には変極点 36a、36b を有し、それぞれの変極点 36a、36b と、極間とのなす角度  $\theta 7$ 、 $\theta 8$ 、および前記角度  $\theta 5$ 、 $\theta 6$  は、極対数を  $P_n$  としたとき、

$$0 < \theta 5 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta 6 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$0 < \theta 7 < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta 8 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$\theta 7 < \theta 5 < \theta 8 < \theta 6$$

である。

### 【0090】

なお、この実施形態において、極対数  $P_n$  は 2 であり、 $\theta 6 = 18^\circ$ 、 $\theta 8 = 12.9^\circ$ 、 $\theta 5 = 9^\circ$ 、 $\theta 7 = 6.4^\circ$  とした。

### 【0091】

ここで、変極点 36a、36b とは、第1のブリッジ 32b1 および第2のブリッジ 32b2 の幅が一定である範囲 32b11、32b21 と、徐々に広がっている範囲 32b12、32b22 との交点であり、この点で、回転子表面の磁束密度分布の変化が急峻になる。

### 【0092】

この実施形態における回転子表面の磁束密度分布を図 17 に示す。

### 【0093】

図 17 および第 1 の実施の痕態の説明から明らかなように、変極点 36a、3

6bにより7次調波が、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部、および、第2の非磁性層35の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部により5次調波が相殺されている。

【0094】

図18に、第2の非磁性層35がない場合と、この実施形態の場合との、誘起電圧波形の比較を示し、表1に高調波成分の振幅の比較を示した。また、圧縮機用電動機として運転した場合の騒音の高調波成分を図19に示した。

【0095】

【表1】

誘起電圧	基本波に対する割合	
	非磁性層無し	非磁性層有り
5次調波	8.24	0.01
7次調波	2.68	0.03

なお、非磁性層34、35の形状は、この実施の形態の形状に限るものではなく、例えば、図20のように、ブリッジ37b1、37b2の幅が幅小部37b11、37b21と幅大部37b12、37b22とにわかれ、幅小部37b11、37b21と幅大部37b12、37b22との変化点を変極点38a、38bとみなしても良い。

(第4の実施の形態)

以下、第4の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0096】

図21はこの発明の電動機の第4の実施の形態の回転子の構成を示す概略図である。

【0097】

回転子41は、回転子鉄心42の内部に永久磁石が埋設されてなり、永久磁石(43：回転子内周側の永久磁石、44：回転子外周側の永久磁石)は各極毎に、半径方向に2層に分割されてなる。また、各永久磁石43、44の周方向端部43a、44aが、極間近傍で回転子表面近傍まで延びている。

## 【0098】

回転子内周側の永久磁石 43 および回転子外周側の永久磁石 44 の周方向端部 43a、44a は互いに独立し、相互間には、回転子鉄心からなるいわゆる q 軸磁束通路 42a が介在している。

## 【0099】

q 軸磁束通路 42a の存在により、q 軸インダクタンス  $L_q$  が大きくできるので、リラクタンストルクを多く利用でき、また、回転子の大きさを増すことなく永久磁石の磁束を増やすことができる。

## 【0100】

また、回転子内周側の永久磁石 43 の周方向端部 43a が、極間近傍で回転子表面近傍まで延び、回転子外周側の永久磁石 44 の周方向端部 44a も、極間近傍で回転子表面近傍まで延びている。ここで、永久磁石 43、44 の周方向端部 43a、44a には空気層等があってもよい。回転子内周側の永久磁石 43 の周方向端部 43a の極中心側の端部と、極間とのなす角度を  $\theta_9$ 、および、回転子外周側の永久磁石 44 の周方向端部 44a の極中心側の端部と、極間とのなす角度を  $\theta_{10}$  とする。

## 【0101】

さらに、回転子内周側の永久磁石 43 の周方向端部 43a および回転子外周側の永久磁石 44 の周方向端部 44a と回転子表面とに挟まれる回転子鉄心部（以下「第 1 のブリッジ 42b1」「第 2 のブリッジ 42b2」という）幅には変極点 46a、46b を有し、それぞれの変極点 46a、46b と、極間とのなす角度  $\theta_{11}$ 、 $\theta_{12}$ 、および前記角度  $\theta_9$ 、 $\theta_{10}$  は、極対数を  $P_n$  としたとき、

$$0 < \theta_9 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta_{10} \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$0 < \theta_{11} < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta_{12} \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_{11})$$

かつ

$$\theta_{11} < \theta_9 < \theta_{12} < \theta_{10}$$

である。

#### 【0102】

なお、この実施形態において、極対数  $P_n$  は 2 であり、 $\theta_{10} = 18^\circ$ 、 $\theta_{12} = 12^\circ$ 、 $\theta_9 = 9^\circ$ 、 $\theta_{11} = 6.4$  とした。

#### 【0103】

この実施の形態における音の低減作用については、第 3 の実施の形態と同様であるので説明を省略する。

#### 【0104】

##### 【発明の効果】

請求項 1 の発明は、十分な磁束を確保しつつ、磁束密度分布波形（誘起電圧波形）の 3 以上の奇数の次数の調波を低減し、かつ、不要なラジアル力やスラスト力の発生を防止することができるという特有の効果を奏する。

#### 【0105】

請求項 2 の発明は、3 の倍数を除く 3 以上の奇数の次数の調波を低減し、しかも請求項 1 と同様の効果を奏する。

#### 【0106】

請求項 3 の発明は、3 の倍数を除く 13 以上の奇数の次数の調波を低減し、しかも請求項 1 と同様の効果を奏する。

#### 【0107】

請求項 4 の発明は、5 次または 7 次の調波を低減し、しかも請求項 2 と同様の効果を奏する。

#### 【0108】

請求項 5 の発明は、機械的強度を高めることができるほか、請求項 4 と同様の効果を奏する。

#### 【0109】

請求項 6 の発明は、対称性を考慮して、請求項 4 または請求項 5 と同様の効果を奏する。

## 【0110】

請求項7の発明は、静音化を達成できるほか、請求項4または請求項5と同様の効果を奏する。

## 【0111】

請求項8の発明は、対称性を考慮して、請求項4または請求項5と同様の効果を奏する。

## 【0112】

請求項9の発明は、静音化を達成できるほか、請求項4または請求項5と同様の効果を奏する。

## 【0113】

請求項10の発明は、永久磁石を回転子内周側と回転子外周側とに複数に分割した場合であっても、請求項1から請求項4の何れかと同様の効果を奏する。

## 【0114】

請求項11の発明は、対称性を考慮して、請求項10と同様の効果を奏する。

## 【0115】

請求項12の発明は、静音化を達成できるほか、請求項10と同様の効果を奏する。

## 【0116】

請求項13の発明は、対称性を考慮して、請求項10と同様の効果を奏する。

## 【0117】

請求項14の発明は、静音化を達成できるほか、請求項10と同様の効果を奏する。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

従来の電動機の一例を示す概略図である。

## 【図2】

従来の電動機他の例を示す概略図である。

## 【図3】

従来の電動機のさらに他の例を示す概略図である。

## 【図 4】

従来の電動機のさらに他の例を示す概略図である。

## 【図 5】

回転子表面の周方向の磁束密度分布を示す図である。

## 【図 6】

この発明の電動機の第 1 の実施形態の回転子を示す概略図である。

## 【図 7】

回転子表面の磁束密度分布と非磁性層との関係を示す図である。

## 【図 8】

$\theta 2 = 23^\circ$  の場合における 5 次調波、7 次調波の  $\theta 1$  に対する特性を示す図である。

## 【図 9】

$\theta 1 = 6^\circ$  の場合における 5 次調波、7 次調波の  $\theta 2$  に対する特性を示す図である。

## 【図 10】

分布巻の固定子を示す概略図である。

## 【図 11】

集中巻の固定子を示す概略図である。

## 【図 12】

第 1 の実施形態の回転子の一変形例を示す概略図である。

## 【図 13】

第 1 の実施形態の回転子の他の変形例を示す概略図である。

## 【図 14】

この発明の電動機の第 2 の実施形態の回転子を示す概略図である。

## 【図 15】

第 2 の実施形態の回転子の一変形例を示す概略図である。

## 【図 16】

この発明の電動機の第 3 の実施形態の回転子を示す概略図である。

## 【図 17】

回転子表面の磁束密度分布を示す図である。

【図 18】

第 2 の非磁性層がない場合と、第 3 の実施形態の場合との、誘起電圧波形の比較を示す図である。

【図 19】

圧縮機用電動機として運転した場合の騒音の高調波成分を示す図である。

【図 20】

第 3 の実施形態の回転子の変形例を示す概略図である。

【図 21】

この発明の電動機の第 4 の実施形態の回転子を示す概略図である。

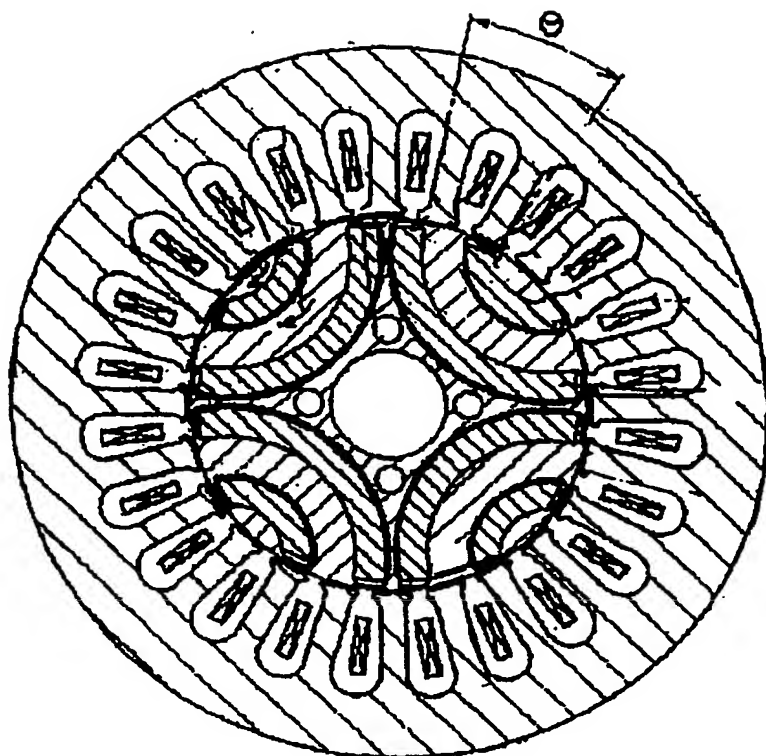
【符号の説明】

- 2、12、32、42 回転子鉄心
- 3、13、14、33、43、44 永久磁石
- 4、34 第 1 の非磁性層
- 5、35 第 2 の非磁性層
- 2a、32a 補助補強リブ
- 2a、32a 補助補強リブ
- 2b1、32b1、42b1 第 1 のブリッジ
- 2b2、32b2、42b2 第 2 のブリッジ
- 12a q 軸磁束通路
- 13a、14a、43a、44a 周方向端部
- 36a、36b、38a、38b、46a、46b 変極点
- 32b11、32b21、32b12、32b22 範囲
- 37b1、37b2 ブリッジ
- 37b11、37b21 幅小部
- 37b12、37b22 幅大部

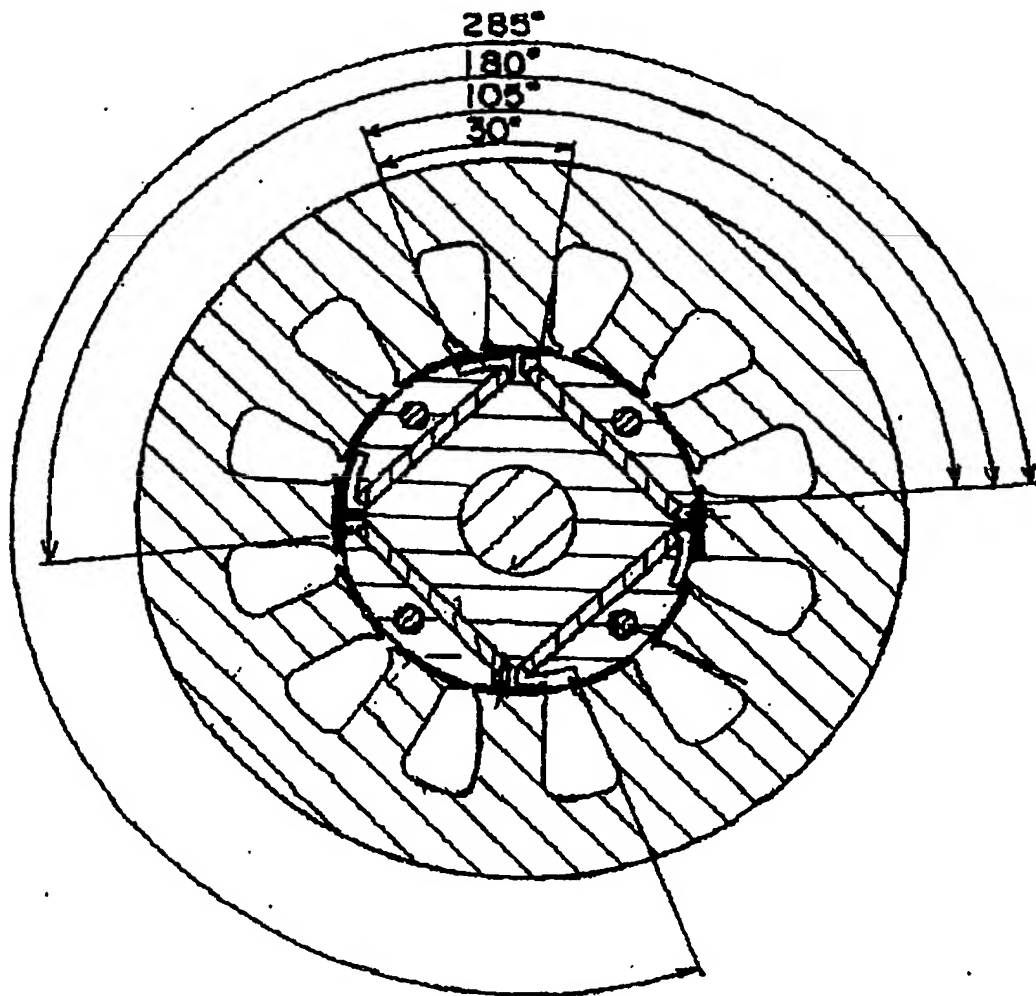


【書類名】 図面

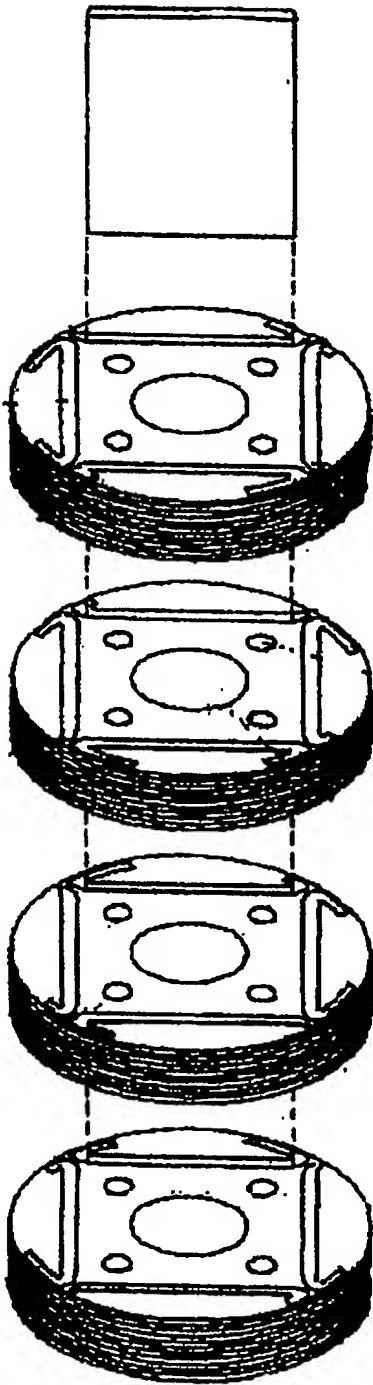
【図 1】



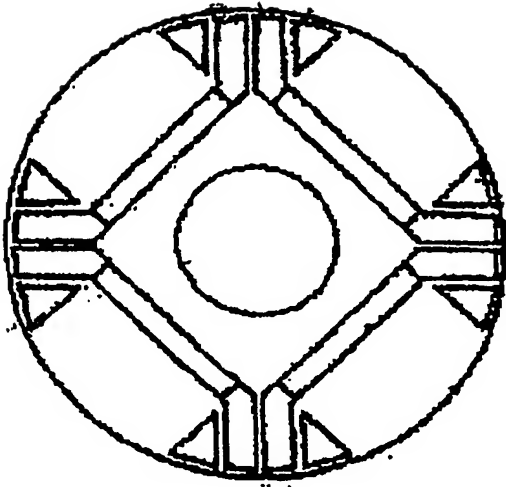
【図 2】



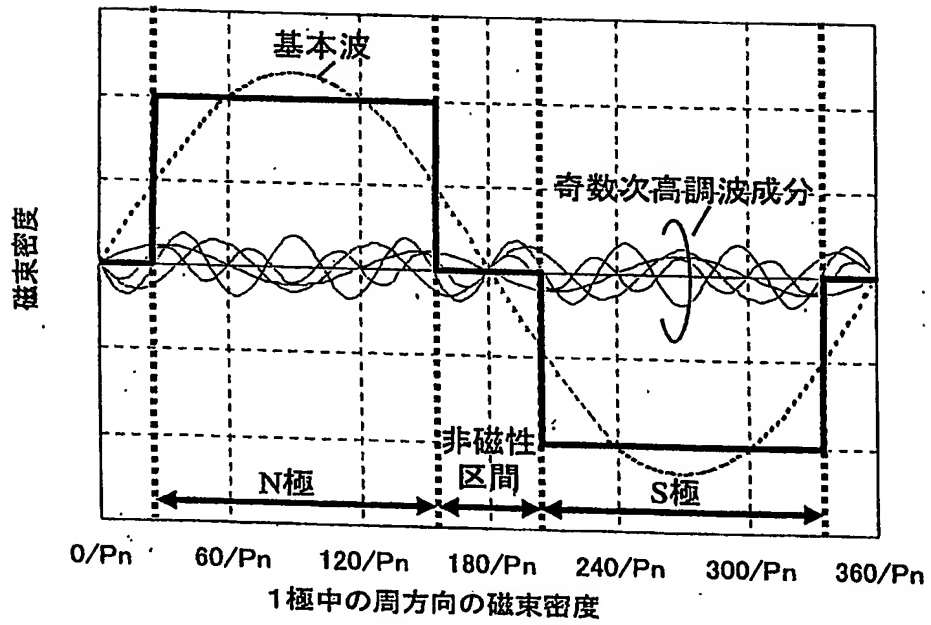
【図 3】



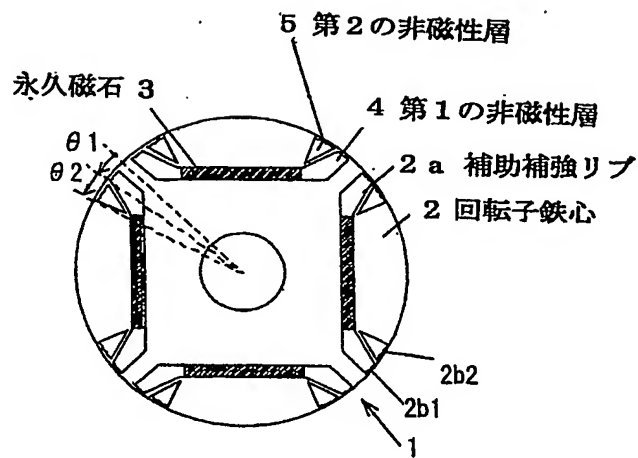
【図 4】



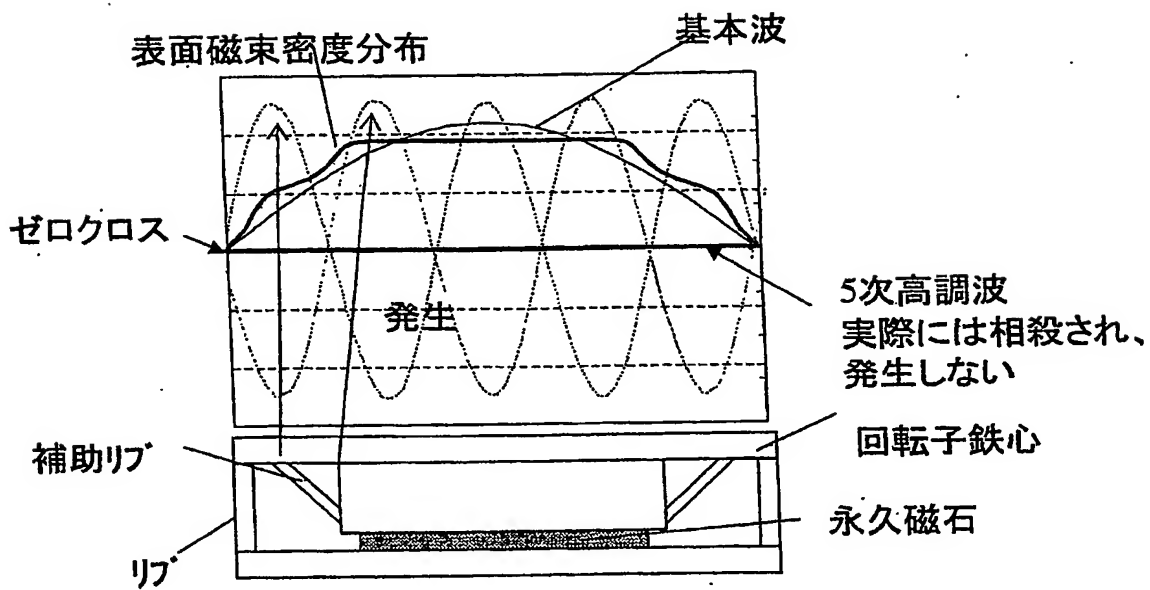
【図 5】



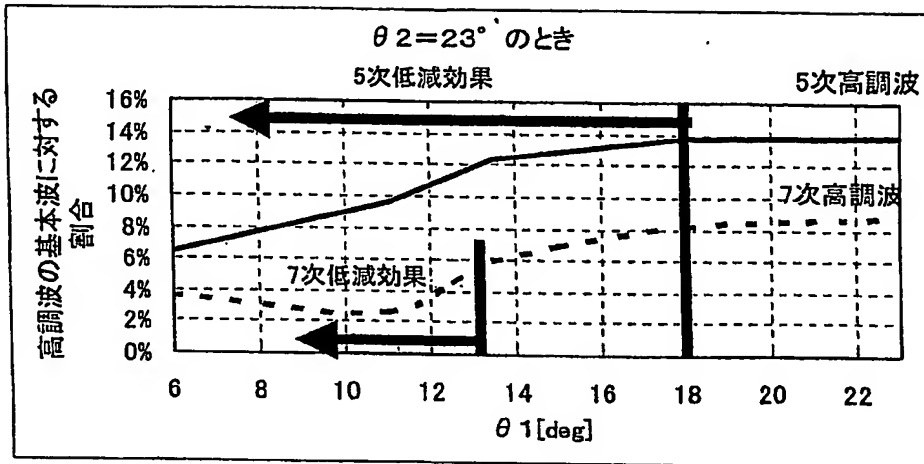
【図 6】



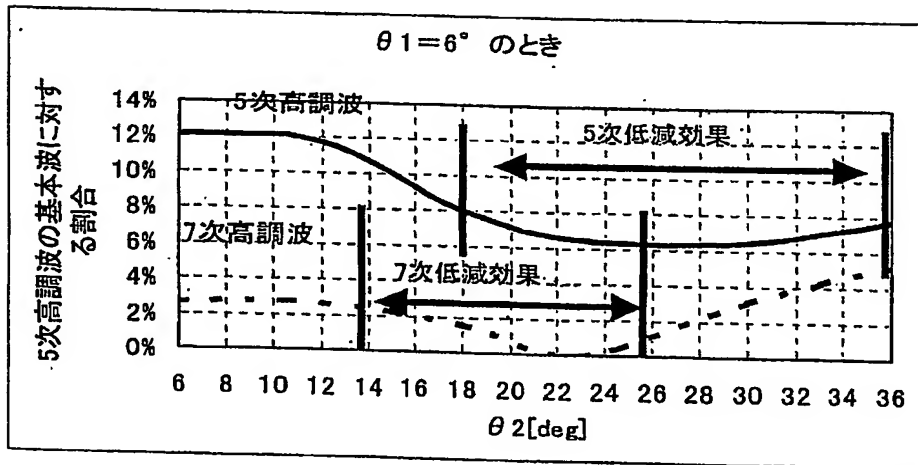
【図 7】



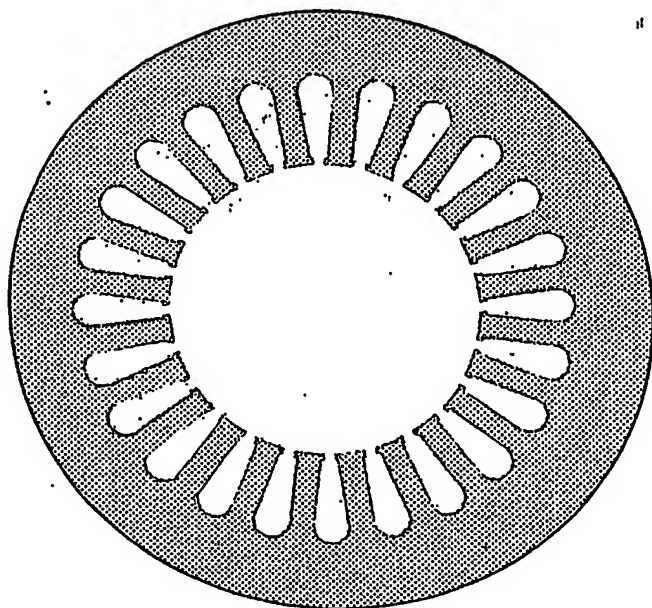
【図 8】



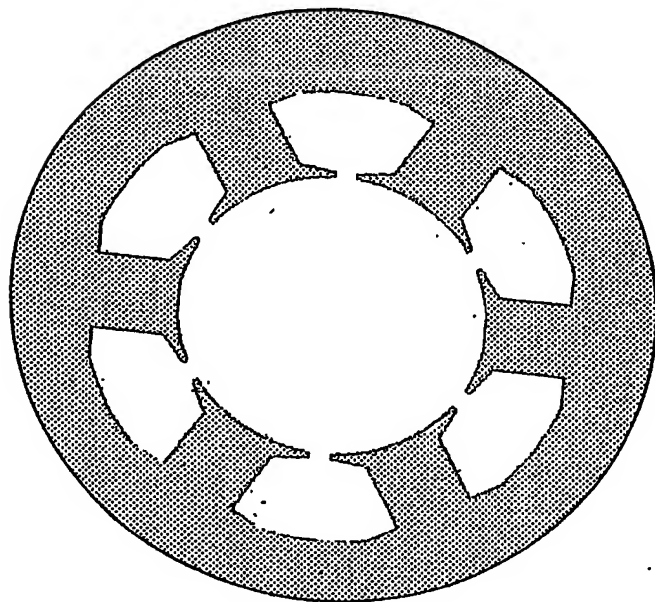
【図 9】



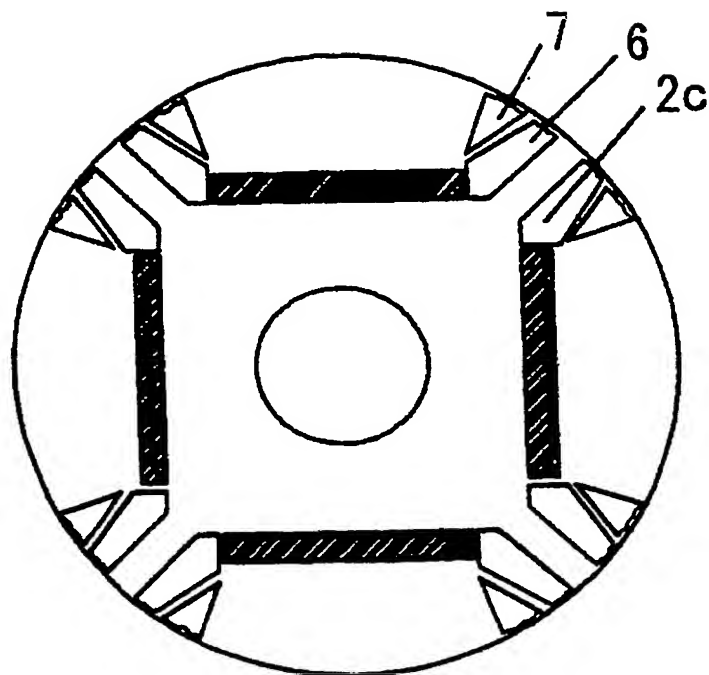
【図 10】



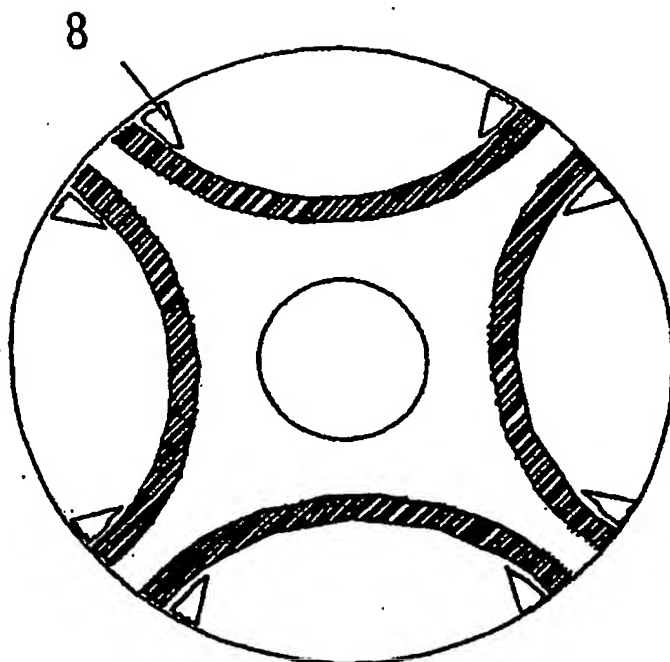
【図 11】



【図 12】

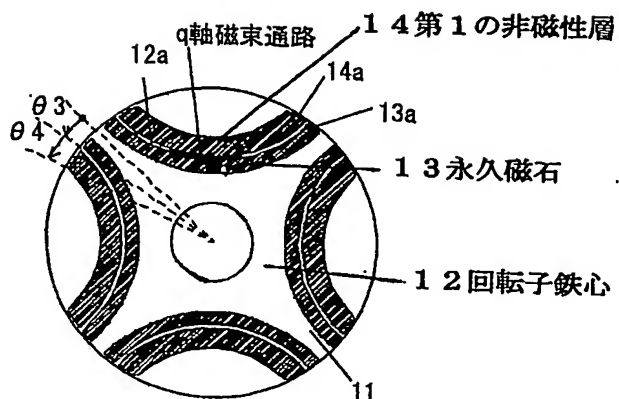


【図 13】

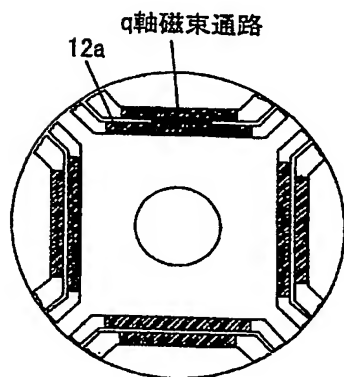




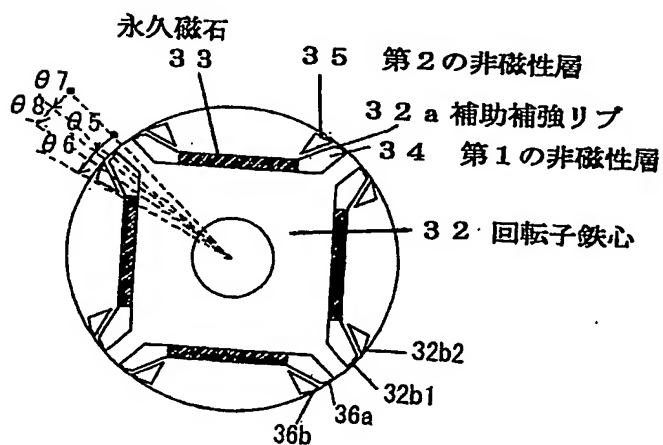
【図 14】



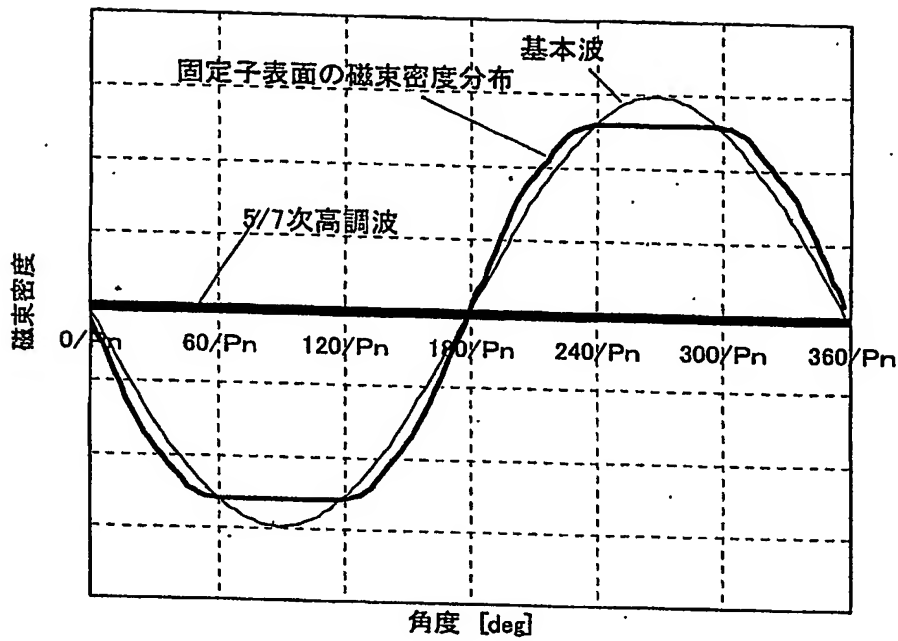
【図 15】



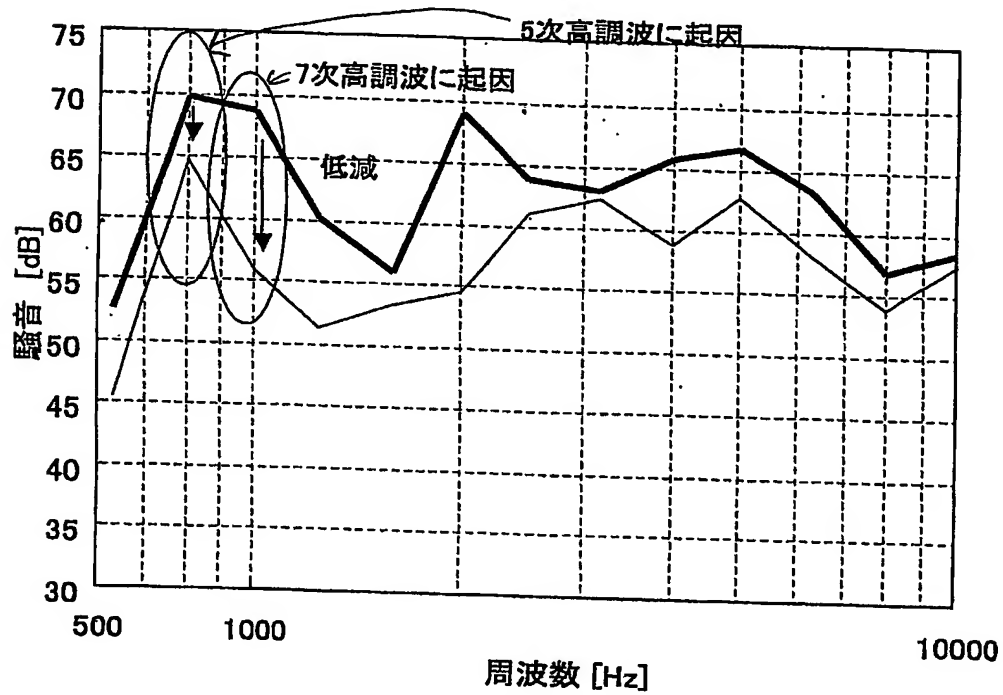
【図 16】



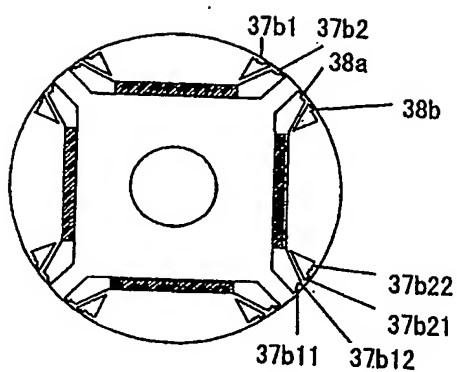
【図 17】



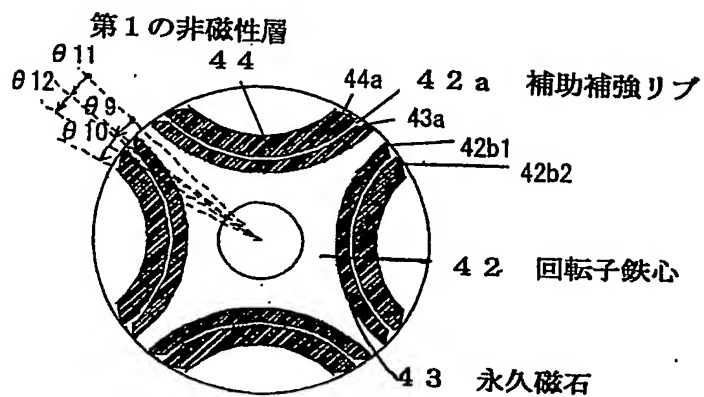
【図 18】



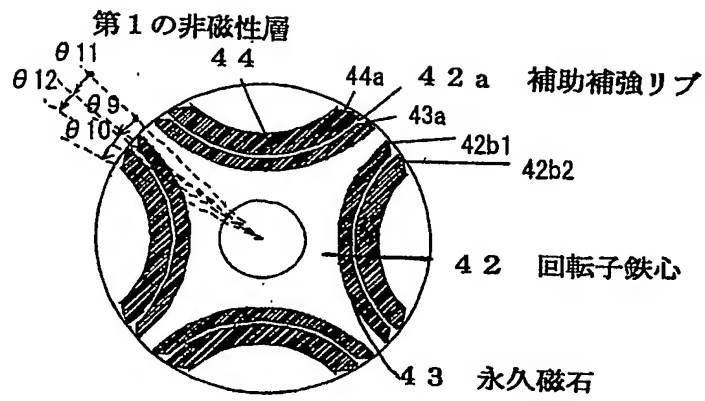
【図 19】



【図 20】



【図 21】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 十分な磁束を確保しつつ、磁束密度分布波形(誘起電圧波形)の特定の次元、例えば5次および7次を低減し、かつ、不要なラジアル力やスラスト力を発生させない。

【解決手段】 第1の非磁性層(4)の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 $\theta 1$ 、および、第2の非磁性層(5)の、回転子表面に近接した部分の、極中心寄りの端部と、極間とのなす角度 $\theta 2$ は、極対数を $P_n$ としたとき、

$$0 < \theta 1 < 180 / (5 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (5 \cdot P_n) \leq \theta 2 \leq 180 \times 2 / (5 \cdot P_n)$$

または

$$0 < \theta 1 < 180 / (7 \cdot P_n)$$

かつ

$$180 / (7 \cdot P_n) \leq \theta 2 \leq 180 \times 2 / (7 \cdot P_n)$$

である。

【選択図】 図6

特願 2 0 0 3 - 1 9 1 5 9 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 2 8 5 3 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市北区中崎西 2 丁目 4 番 1 2 号 梅田センタービル

氏 名

ダイキン工業株式会社